

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-144365

(43)Date of publication of application : 26.05.2000

(51)Int.Cl.

C23C 4/10

C23C 4/06

F01D 5/28

(21)Application number : 10-315015

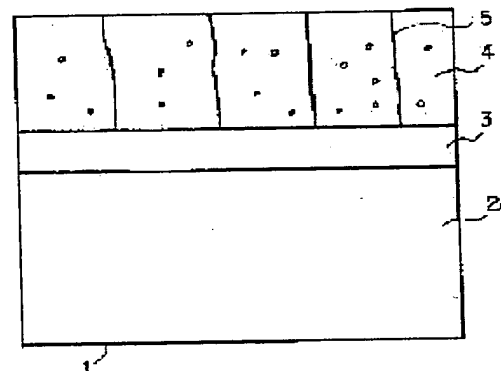
(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 05.11.1998

(72)Inventor : TAKAHASHI MASASHI
ITO MASAYUKI
HONDA KEIZO
MATSUMOTO KAZUhide
SAITO MASAHIRO
WADA KUNIIHIKO**(54) THERMAL BARRIER COATING MEMBER, PRODUCTION OF THERMAL BARRIER COATING MEMBER AND HIGH TEMPERATURE GAS TURBINE USING THERMAL BARRIER COATING MEMBER****(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce a thermal barrier-coated member excellent in durability to a heat cycle and erosion by allowing a thermal barrier oxide ceramic layer to have fine cracks with the cleaved faces in thickness direction.

SOLUTION: As to this thermal barrier coating member, on a superalloy base material 2a with Ni, Co or Fe as the base, an MCrAlY alloy layer 3 having corrosion resistance and oxidation-resistance and a chemically stable thermal barrier oxide ceramic layer 4 partially stabilized by Y₂O₃ and low in thermal conductivity is formed. The oxide ceramic layer 4 is dense with 5% porosity, from the surface of the layer 4 to the surface of the MCrAlY alloy layer 3, fine cracks 5 in which the average intervals are controlled to be about 1 mm and the cleaved faces with approximately equal intervals in thickness direction are present, and the average spacing of the cracks is about 2 μ m. Preferably, the porosity of the thermal barrier oxide ceramic layer 4 is $\leq 15\%$, its Vickers hardness is 150, and thickness of the layer is at least 0.2 mm.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-144365

(P2000-144365A)

(43) 公開日 平成12年5月26日 (2000. 5. 26)

(51) IntCl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
C 2 3 C	4/10	C 2 3 C	3 G 0 0 2
	4/06		4 K 0 3 1
F 0 1 D	5/28	F 0 1 D	

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-315015
(22) 出願日 平成10年11月5日 (1998. 11. 5)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(72) 発明者 高橋 雅士
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
株式会社東芝京浜事業所内
(72) 発明者 伊藤 昌行
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
株式会社東芝京浜事業所内
(74) 代理人 100077849
弁理士 須山 佐一

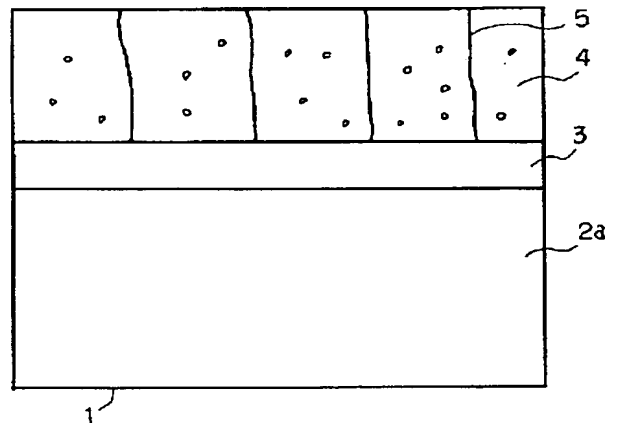
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遮熱コーティング部材、遮熱コーティング部材の製造方法、および遮熱コーティング部材を用いた高温ガスタービン

(57) 【要約】

【課題】 高温燃焼ガス雰囲気中使用するガスタービンやジェットエンジン用遮熱コーティング部材の高温の熱サイクルやエロージョンに対する耐久性を向上させ、ガスタービンやジェットエンジンの作動ガスの高温化による熱効率向上を可能にする。

【解決手段】 基材上に遮熱性酸化物セラミック層を遮熱コーティング層として有する遮熱コーティング部材において、前記遮熱性酸化物セラミック層に、劈開面をほぼ厚さ方向とする微細な亀裂を設けることにより、加熱時および冷却時の熱応力を低減させ、耐久性の向上を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 金属またはセラミック基材上に、耐食性および耐酸化性を有する MCrAlR 合金層（M は Ni、Co 及び Fe の少なくとも 1 種、R は希土類元素の少なくとも 1 種）と、遮熱性酸化物セラミック層とを有する遮熱コーティング部材において、前記遮熱性酸化物セラミック層が、劈開面をほぼ厚さ方向とする微細な亀裂を有することを特徴とする遮熱コーティング部材。

【請求項 2】 請求項 1 記載の遮熱コーティング部材において、前記遮熱性酸化物セラミック層の気孔率が 15 % を超えないことを特徴とする遮熱コーティング部材。

【請求項 3】 請求項 1 記載の遮熱コーティング部材において、前記遮熱性酸化物セラミック層のビッカース硬さ Hv が少なくとも 150 であることを特徴とする遮熱コーティング部材。

【請求項 4】 請求項 1 記載の遮熱コーティング部材において、前記遮熱性酸化物セラミック層の厚さが少なくとも 0.2 mm であることを特徴とする遮熱コーティング部材。

【請求項 5】 請求項 1 記載の遮熱コーティング部材において、前記遮熱性酸化物セラミック層内に存在する亀裂が有するすき間の平均値が 10 μm を超えないことを特徴とする遮熱コーティング部材。

【請求項 6】 請求項 1 記載の遮熱コーティング部材において、前記基材が耐熱性の非酸化物 Si 化合物セラミックスであることを特徴とする遮熱コーティング部材。

【請求項 7】 請求項 1 記載の遮熱コーティング部材において、前記基材が耐熱性の非酸化物 Si 化合物セラミックスであり、前記基材と前記遮熱性酸化物セラミック層との間の中間層として、耐蝕耐酸化性の酸化物セラミック層を有することを特徴とする遮熱コーティング部材。

【請求項 8】 請求項 7 記載の遮熱コーティング部材において、前記セラミック基材と前記耐食耐酸化性酸化物セラミック中間層との間に、元素の拡散を抑制する中間層を有することを特徴とする遮熱コーティング部材。

【請求項 9】 請求項 1 記載の遮熱コーティング部材において、前記遮熱性酸化物セラミック層が、Be 系酸化物、Ca 系酸化物、Ce 系酸化物、Hf 系酸化物、Mg 系酸化物、Sr 系酸化物、Th 系酸化物、U 系酸化物、および Zr 系酸化物の少なくとも 1 種を含有する融点が 2500℃ 以上のセラミック層であることを特徴とする遮熱コーティング部材。

【請求項 10】 前記遮熱性酸化物セラミック層を、高温プラズマや燃焼ガスを熱源として粉末を溶解させて高速ガスにより基材上に吹き付けて形成することを特徴とする請求項 1 記載の遮熱コーティング部材の製造方法。

【請求項 11】 請求項 10 記載の遮熱コーティング部材の製造方法において、基材温度を少なくとも 1000℃ にして前記遮熱性酸化物セラミック層の形成を行うこと

を特徴とする遮熱コーティング部材の製造方法。

【請求項 12】 請求項 10 または 11 のいずれか 1 項記載の遮熱コーティング部材の製造方法において、前記粉末を溶解させて前記高速ガスにより吹き出す吹き出し口と前記基材との間の距離を 100 mm より短かくすることを特徴とする遮熱コーティング部材の製造方法。

【請求項 13】 請求項 10 ないし 12 のいずれか 1 項記載の遮熱コーティング部材の製造方法において、前記高速ガスを用いた前記溶解粉末の吹き出し出力を少なくとも 30 kW にすることを特徴とする遮熱コーティング部材の製造方法。

【請求項 14】 請求項 10 ないし 13 のいずれか 1 項記載の遮熱コーティング部材の製造方法において、前記粉末の平均粒子径が 50 μm を超えないことを特徴とする遮熱コーティング部材の製造方法。

【請求項 15】 請求項 10 ないし 14 のいずれか 1 項記載の遮熱コーティング部材の製造方法において、前記遮熱性酸化物セラミック層を形成させた後、少なくとも 300℃ の温度条件で加熱処理を施すことにより、酸化物系セラミック層内に厚さ方向に亀裂面を有する微細な亀裂を形成することを特徴とする遮熱コーティング部材の製造方法。

【請求項 16】 請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項記載の遮熱コーティング部材を動翼、静翼、または燃焼器の少なくともいずれかに含むことを特徴とする高温ガスタービン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ガスタービン、ジェットエンジンなどの動翼、静翼や燃焼器などの、高温腐食性あるいは高温酸化性雰囲気下で使用される遮熱コーティング部材およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 ガスタービンやジェットエンジンなどの原動機においては、熱効率の向上を目指した高温化、すなわち作動ガス温度を高めるための研究開発が精力的に行われている。この高温化を行うことは、構成材料に対し、より高温で過酷な使用環境を強いることになる。このため、動翼、静翼や燃焼器などの高温部品材料について、それらの耐熱温度を向上させることが重要な課題となっている。

【0003】 これまでに、耐熱性で強度的に優れた構造材料として、Ni、Co または Fe 基の方向性凝固や単結晶の超合金が開発され、すでに実用に供されているものもある。しかし、超合金を用いた場合には、その融点によって使用温度が制約されるので、およそ 1000℃ が使用限界温度である。

【0004】 一方、高温部品材料として、高融点金属である Nb や Mo をベース材料とした金属間化合物、例えば NbAl、MoSi₂ などの材料の開発により、さら

に耐熱性を向上させる試みもある。しかし、この金属間化合物の場合も、金属であるための制約として、高温の腐食酸化雰囲気での使用においては強度が低下するとともに、腐食・酸化が起こるという問題があり、その高温での使用には限界がある。しかも金属間化合物には、従来の超合金に比べて加工性が劣り、コストが高いという欠点もある。

【0005】また、耐熱性の高温部品として、融点が高く、かつ、化学的に安定なセラミック材料の適用が検討されている。セラミック材料の中でも SiC や Si₃N₄ は、じん性が優れることから、耐熱性構造材料としての有力な候補としてよく知られている。しかし、これらのセラミック材料は、金属よりも耐熱性は高いが、加工性が劣りコストが高いこと、かつ、じん性はセラミック材料の中では高いとはいえ、金属材料に比べれば劣るという問題点がある。また約 1200℃ を超える高温の腐食・酸化雰囲気での使用では、強度の低下や腐食・酸化が問題となるとされている。

【0006】そこで、強度やじん性などの機械的性質に優れる金属やセラミック材料を、強度を受け持つ基材として用いながら、耐熱性を向上させる方法として遮熱コーティング (Thermal Barrier Coating, 略して TBC) を行う方法がある。この TBC は、基材表面に熱伝導率の低い遮熱セラミック層を形成することで、高温の作動ガスからの熱を遮断し、基材の温度上昇を低減するものである。ガスタービン高温部品の一部には、既にこの TBC が適用されている。TBC としては、超合金基材の表面に耐食・耐酸化性の MC r A l Y 合金層 (ここに M は N i、C o、F e) と低熱伝導性のジルコニア系セラミック層を設けたものが一般的である。TBC においては、この遮熱セラミック層の膜厚を大きくすることによって、遮熱性能を向上させることができる。例えば超合金基材の表面に数百 μm の遮熱セラミック層からなる TBC を形成することによって、超合金基材の表面の温度上昇の低減度合が、約 100℃ にも達するという報告もある (特開昭 62-211387)。

【0007】TBC は、強度を受け持つ基材を遮熱によって守るという重要な機能を担っている。このため、TBC 皮膜が剥離や脱落して遮熱の機能を失うことがないようにすることが重要な課題である。とくに、遮熱性能を高めるために TBC を厚膜にした場合には、剥離や脱落が生じて耐久性が低下しやすくなる方向にある。このため、今後のより高温化の方向を目指して、TBC の耐久性の向上の検討、特に TBC 皮膜のはく離を低減するための数々の検討が試みられているのが現状である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】まず、TBC を構成する MC r A l Y 合金層については、近年、実質的に酸素を含まない減圧の不活性ガス雰囲気で行う減圧プラズマ溶射法や、高圧の燃焼ガスを用いることにより溶融し

た粉末速度が飛躍的に大きくできる高速ガス炎溶射法を用いる方法が提案されている。これによって、従来の大気中プラズマ溶射法での a. 気孔が多い、b. 金属基材との密着性に乏しい、c. 耐食・耐酸化性に劣る、などの欠点が解消、TBC の耐久性が向上したという報告がある (特願平 7-349804)。一方、遮熱性のジルコニア系セラミック層については、大気中プラズマ溶射法を用いることで適度に気孔を存在させ、熱歪みへの追随性を高めることで耐久性を持たせているのが一般的である。

【0009】しかし、ジルコニア系セラミック層は最外面に位置し、燃焼ガスに直接接触するので、気孔を多く含む場合には耐エロージョン特性が劣るという問題点がある。すなわち気孔を多く含むジルコニア系セラミックスは粒子間結合力が弱いために、耐エロージョン特性に劣り、ガスタービン高温部品に適用した場合、燃焼ガス中に含まれる酸化物などの固体微粒子によるエロージョンが問題点となっている。また、ジルコニア系セラミック層を電子ビーム物理蒸着法 (EB-PVD 法) で形成して、柱状晶組織とすることによって、柱状晶間に熱歪みを吸収させ、耐久性を向上させるという方法も知られている (特公平 1-18993)。

【0010】しかし、EB-PVD 法には、皮膜の形成速度が遅いために、コストが高という欠点があった。また、物理的に蒸気の入りにくい円筒内面などへの皮膜施工が困難という問題点もあった。

【0011】従って、ガスタービン高温部品の TBC では、熱サイクルやエロージョンに対する耐久性、施工性、コストなどが課題として残されていた。

【0012】本発明は、このような課題を解決するためになされたものであって、燃焼ガス雰囲気中使用するガスタービンやジェットエンジン用遮熱コーティングにおいて、熱サイクルやエロージョンに対して耐久性を向上した遮熱コーティング部材、およびその製造方法を提供するものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の遮熱コーティング部材は、金属またはセラミック基材上に、耐食性および耐酸化性を有する MC r A l R 合金層 (M は N i、C o 及び F e の少なくとも 1 種、R は Y およびランタニド元素の少なくとも 1 種) と、遮熱性酸化物セラミック層とを有する遮熱コーティング部材において、前記遮熱性酸化物セラミック層は、劈開面をほぼ厚さ方向とする微細な亀裂を有するものである。

【0014】本発明は、例えば図 1 および図 2 の模式図に示すように、金属基体 2 a またはセラミック基体 2 b 上に有する遮熱性酸化物セラミック層 4 に、劈開面をほぼ厚さ方向とする微細な亀裂 5 を設けることによって、亀裂により熱歪みを吸収することができる。このため、高温加熱や冷却時の熱応力が低減でき、酸化物セラミッ

ク層の剥離寿命を顕著に向上させることができたものである。

【0015】本発明において、微細な亀裂とは平方センチメートル当りの平均の亀裂の数が少なくとも3個有するものである。平方センチメートル当りの平均の亀裂の数は、好ましくは少なくとも10個、より好ましくは少なくとも20個である。

【0016】本発明において、金属基材に用いる金属材料としては、Ni系、Co系およびFe系超合金を好ましく用いることができる。またセラミック基材に用いるセラミック材料としては、耐熱性高強度の各種セラミック単体、およびセラミック繊維で強化したセラミック系複合材料を好ましく用いることができる。

【0017】本発明において、基材の金属材料とともに用いる耐蝕性および耐酸化性のMCrAlY合金層としては、MをNi、Co及びFeの少なくとも1種とし、RをYとしたMCrAlYが好ましく用いられるほか、その他の希土類元素、即ち、Scおよび各種のランタニド元素(La~Lu)を同様に用いることができる。本発明の遮熱コーティング部材においては、遮熱性酸化物セラミック層の気孔率が15%を超えないことが好ましい。遮熱性酸化物セラミック層の気孔率を亀裂の部分を含めて15%以下にすることによって、亀裂の部分にすき間を有する代わりにその他の部分の気孔率を小さくすることによって、剥離方向の粒子間の結合力が向上し、TBC皮膜のはく離、脱落を低減することができる。またエロージョン損耗を低減することができる。

【0018】本発明の遮熱コーティング部材においては、遮熱性酸化物セラミック層のビッカース硬さHvを150以上にすることが好ましい。遮熱性酸化物セラミック層のビッカース硬さHvを少なくとも150とすることによって、エロージョン損耗を低減することができる。

【0019】本発明の遮熱コーティング部材においては、遮熱性酸化物セラミック層の厚さを少なくとも0.2mmにすることが好ましい。遮熱性酸化物セラミック層の厚さを0.2mm以上にすることによって、良好に部材の遮熱ができる。

【0020】本発明の遮熱コーティング部材において、遮熱性酸化物セラミック層内に存在する亀裂が有するすき間の平均値が10μmを超えないことが好ましい。亀裂の有するすき間がこの値の範囲内にあれば、基材に対し、良好な遮熱効果が得られる。

【0021】本発明の遮熱コーティング部材において、基材が耐熱性の非酸化物のSi化合物セラミックスであることが好ましい。耐熱性の非酸化物のSi化合物としては、例えばSiCを主成分としたセラミック、SiNを主成分としたセラミック、およびセラミック繊維で強化した複合セラミックを好ましく用いることができる。

本発明の遮熱コーティング部材において、基材が耐熱

性の非酸化物Si化合物セラミックスである場合に、基材と遮熱性酸化物セラミック層との間の中間層として、耐蝕耐酸化性の酸化物セラミック層を有することが好ましい。

【0022】本発明に用いる中間層の耐蝕耐酸化性の酸化物セラミック層としては、例えばAl₂O₃、SiO₂およびこれらを含む複合酸化物を好ましく用いることができる。セラミック基材と耐食耐酸化性酸化物セラミック中間層との間には、さらに元素拡散を抑制する中間層を有することが好ましい。元素の拡散を抑制する中間層としては、例えば各種炭化物セラミックおよび各種窒化物セラミックを好ましく用いることができる。

【0023】本発明の遮熱コーティング部材においては、遮熱性酸化物セラミック層として、Be系酸化物、Ca系酸化物、Ce系酸化物、Hf系酸化物、Mg系酸化物、Sr系酸化物、Th系酸化物、U系酸化物、およびZr酸化物の少なくとも1種を含有する融点が2500℃以上のセラミック層、例えばY₂O₃部分安定化ZrO₂層を好ましく用いることができる。

【0024】本発明の遮熱コーティング部材の製造方法は、前記遮熱性酸化物セラミック層を、高温プラズマや燃焼ガスを熱源として粉末を熔融させて高速ガスにより基材上に吹き付けて形成する上記遮熱コーティング部材の製造方法である。

【0025】本発明の上記遮熱コーティング部材の上記製造方法においては、基材温度を100℃以上にして前記遮熱性酸化物セラミック層の形成を行う製造方法を好ましく用いることができる。本発明において、基材を少なくとも100℃に予熱することによって、形成される酸化物系セラミック層の温度を保持することができ、冷却時に残留応力を発生させることができ、遮熱セラミック層内にを形成することができる。より好ましくは基材の予熱は少なくとも150℃、さらに好ましくは基材の予熱は少なくとも200℃である。

【0026】本発明の上記遮熱コーティング部材の上記製造方法においては、上記粉末を熔融させて前記高速ガスにより吹き出す吹き出し口と前記基材との距離を100mmをにした製造方法を好ましく用いることができる。溶射距離を100mmより短くすることで、形成する遮熱性酸化物セラミック層が十分に加熱され、冷却時の残留応力によりその遮熱性酸化物セラミック層に劈開面をほぼ厚さ方向とする微細な亀裂を形成することができる。

【0027】本発明の上記遮熱コーティング部材の上記製造方法においては、高速ガスを用いた前記溶射粉末の吹き出し出力を少なくとも30kWにした製造方法を好ましく用いることができる。溶射出力を少なくとも30kWとすることで、酸化物セラミック粉末粒子を十分熔融させることができるとともに、形成する遮熱性酸化物セラミック層が十分に加熱され、冷却時の残留応力によ

り、遮熱性酸化物セラミック層に劈開面をほぼ厚さ方向とする微細な亀裂を形成することができる。

【0028】本発明の上記遮熱コーティング部材の上記製造方法においては、上記の粉末の平均粒子径として $50\mu\text{m}$ を超えないものを好ましく用いることができる。平均粒径が $50\mu\text{m}$ を超えない微細な酸化物系セラミックを用いることによって、吹き付ける前の加熱時に粒子が十分に熔融し、これを基材に高速で吹き付けることにより、気孔の少ない緻密な酸化物系セラミック層を形成することができる。

【0029】本発明の上記遮熱コーティング部材の上記製造方法においては、前記遮熱性酸化物セラミック層を形成させた後、少なくとも 300°C の温度条件で加熱処理を施すことにより、酸化物系セラミック層内に劈開面をほぼ厚さ方向とする微細な亀裂を形成する遮熱コーティング部材の製造方法を好ましく用いることができる。酸化物系セラミック層を形成させた後、少なくとも 300°C の温度条件で加熱処理を施すことにより、劈開面をほぼ厚さ方向とする微細な亀裂の形成を、よく制御して行うことができる。

【0030】本発明の高温ガスタービンとは、上記遮熱コーティング部材を動翼、静翼、または燃焼器の少なくともいずれかに有する遮熱性酸化物高温ガスタービンである。遮熱コーティング部材を使用することにより、作動ガス温度を高めて熱効率の向上が得られる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。図1は、本発明である遮熱コーティング部材の第1の実施の形態を示す遮熱コーティング部材の模式図である。この遮熱コーティング部材では、Ni、Co、またはFeをベースとした高温強度を有する超合金基材2上に、耐食性および耐酸化性を有するMCrAlY合金層3と、遮熱性酸化物セラミック層として Y_2O_3 で部分安定化され熱伝導率が低く化学的に安定な ZrO_2 層4が形成されている。この Y_2O_3 部分安定化 ZrO_2 層4は、気孔率が5%と緻密であり、 Y_2O_3 部分安定化 ZrO_2 層4の表面からMCrAlY合金層3の表面にかけて平均間隔が約1mmでほぼ等間隔の劈開面をほぼ厚さ方向とする微細な亀裂5が存在している。またこの実施形態において、微細な亀裂の平均すき間は約 $2\mu\text{m}$ である。

【0032】図2は、本発明である遮熱コーティング部材の第2の実施の形態を示す遮熱コーティング部材の模式図である。この遮熱コーティング部材では、耐熱性高強度のSiCセラミック基体2b上に、 Y_2O_3 で部分安定化され熱伝導率が低く化学的に安定な ZrO_2 層4が形成されている。この Y_2O_3 部分安定化 ZrO_2 層4は、気孔率が3%と緻密であり、 Y_2O_3 部分安定化 ZrO_2 層4の表面から基体の表面にかけて平均間隔が約2mmでほぼ等間隔の劈開面をほぼ厚さ方向とする微

細な亀裂5が存在している。また、この実施形態において、微細な亀裂の平均すき間は約 $1\mu\text{m}$ である。

【0033】図3は、本発明である遮熱コーティング部材の第3の実施の形態を示す遮熱コーティング部材の模式図である。この遮熱コーティング部材においては、耐熱性高強度のSiCセラミック基体上に、耐蝕性および耐酸化性のセラミック層として Al_2O_3 中間層6を介して Y_2O_3 で部分安定化され熱伝導率が低く化学的に安定な ZrO_2 層4が形成されている。この Y_2O_3 部分安定化 ZrO_2 層4は、気孔率が2%とち密であり、 Y_2O_3 部分安定化 ZrO_2 層4の表面から基体の表面にかけて平均間隔が約1mmでほぼ等間隔の劈開面をほぼ厚さ方向とする微細な亀裂5が存在している。また、この実施形態において、微細な亀裂の平均すき間は約 $0.5\mu\text{m}$ である。

【0034】図4は、図1に示した本発明の一実施形態の遮熱コーティング部材で遮熱性酸化物セラミック層の気孔率5%で微細な亀裂を有するものと、遮熱性酸化物セラミック層の組成が同じで微細な亀裂を有せず、気孔率を約15%にして剥離防止を図った従来タイプの遮熱コーティング部材について、加熱時および冷却時に発生するはく離方向の熱応力の値を比較したものである。

【0035】この図4より、加熱時および冷却時における熱応力は、本発明の遮熱コーティング部材において気孔率が小と緻密であっても小さく、他方で従来タイプの遮熱コーティング部材で大きく剥離が発生しやすいことがわかる。この結果は遮熱性酸化物セラミック層の気孔率を大きくするよりも、本発明により微細な亀裂を有することによって、より効果的な熱応力低減ができることを示している。

【0036】次に図5は、図4と同じ2種の遮熱コーティング部材について、固体粒子によるエロージョン損耗を比較したものである。図5より、本発明の遮熱コーティング部材がエロージョン損耗が小さいことがわかる。この結果は、本発明により遮熱性酸化物セラミック層の熱応力の低減を微細な亀裂によって行えば、気孔率は低くすることができ、これによって層の粒子間結合力が向上し、エロージョン損耗は小さくできることを示している。

【0037】次に、第1の実施の形態を具体例として、本発明の遮熱コーティング部材の製造方法の一実施形態を説明する。

【0038】まず、超合金基材に対し、プラズマの高温熱源中にMCrAlY合金粉末を導入して熔融させたMCrAlY合金粒子を高速で吹き付け、超合金基材上にMCrAlY合金層を形成する。

【0039】次にプラズマフレーム中に Y_2O_3 で部分安定化された ZrO_2 粉末を導入することによって、これを熔融させて高速で吹き付けて、MCrAlY合金層上に遮熱性セラミック層である Y_2O_3 で部分安定化さ

れた ZrO_2 層を形成する。この遮熱性セラミック層の形成においては、超合金基材を $100^\circ C$ 以上に予熱するとともに、出力は $30 kW$ 以上、溶射距離は $100 mm$ 以下にする。また Y_2O_3 部分安定化 ZrO_2 層を形成した後は、 $300^\circ C$ 以上の温度で加熱処理を施す。

【0040】図6は、この遮熱性セラミック層である Y_2O_3 で部分安定化された ZrO_2 層に生じる単位面積当りの亀裂の発生数に及ぼす超合金基材の予熱温度の影響を、他の条件を一定にして調べたものである。図6より、超合金基材の予熱温度を高めるに従い、単位面積当りの亀裂の発生数を大きくすることができ、とくに予熱温度を $100^\circ C$ を超える温度まで高めると、単位面積当りの亀裂の発生数を急激にその数を増加させることができることがわかる。

【0041】図7は、遮熱性セラミック層である Y_2O_3 で部分安定化された ZrO_2 層に生じる単位面積当りの亀裂の発生数に及ぼす溶射距離の影響を、他の条件を一定にして調べたものである。図7より、溶射距離を短くするにつれて単位面積当りの縦き裂の発生数が増加し、とくに溶射距離が $100 mm$ より短くすれば顕著にその数を増加させることができることがわかる。

【0042】図8は、遮熱性セラミック層である Y_2O_3 で部分安定化された ZrO_2 層に生じる単位面積当りの亀裂の発生数に及ぼす溶射出力の影響を、他の条件を一定にして調べたものである。図8より、溶射出力を上げるにつれて単位面積当りの亀裂の発生数が増加する傾向にあり、とくに溶射出力が $30 kW$ 以上にすれば顕著にその数を増加させることができることがわかる。

【0043】図9は、遮熱性セラミック層である Y_2O_3 で部分安定化された ZrO_2 層に生じる単位面積当りの亀裂の発生数に及ぼす溶射後の加熱処理の影響を見たものである。図9より、加熱処理温度を上げるにつれて単位面積当りの亀裂の発生数が増加し、とくに加熱処理温度が $300^\circ C$ 以上にすれば顕著にその数を増加させることができることがわかる。

【0044】以上の結果をまとめると、

(1) 遮熱コーティング部材の遮熱性セラミック層に微細な亀裂を導入することにより、加熱冷却時に遮熱性セラミック層に発生する熱応力を大幅に低減させることができる。

(2) 遮熱性セラミック層に微細な亀裂を有することにより、層の熱応力を低減できるので、気孔率は小さくすることができ、それによって耐エロージョン性を大幅に向上させることができる。

(3) 遮熱コーティング部材の製造において、遮熱性セラミック層を溶射して付着する際に、基材を予熱すること、溶射距離を大きくすること、溶射出力を大きくすること、および溶射後に加熱処理を施すことによって、い

ずれも単位面積当たりの亀裂の発生数を増加させることができる。したがってこれらの手段によって本発明の単位面積当たりの亀裂の発生数を調整することができる。

【0045】なお、本発明の遮熱コーティング部材の基材として、金属基材を用いた場合を例として取り上げて述べたが、図2および図3に示したような基材としてセラミック基材を用いた場合についても同様である。

【0046】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によつ

て、基材上に遮熱性酸化物セラミック層を備えたガスタービンやジェットエンジン用遮熱コーティング部材において、酸化物セラミック層に劈開面をほぼ厚さ方向とする微細な亀裂を設けることによって、加熱時および冷却時熱応力を低減することができ、これによって遮熱コーティング部材の耐久性を顕著に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の遮熱コーティング部材の一実施形態を示す断面的模式図である。

【図2】 本発明の遮熱コーティング部材の他の一実施形態を示す断面的模式図である。

【図3】 本発明の遮熱コーティング部材のさらに他の一実施形態を示す断面的模式図である。

【図4】 本発明の遮熱コーティング部材と従来の遮熱コーティング部材における加熱時および冷却時の最大熱応力を比較して示す図である。

【図5】 本発明の遮熱コーティング部材と従来の遮熱コーティング部材におけるエロージョン損耗を比較して示す図である。

【図6】 本発明の遮熱コーティング部材の製造方法における予熱温度と単位面積当りの亀裂数の関係を示す図である。

【図7】 本発明の遮熱コーティング部材の製造方法における溶射距離と単位面積当りの亀裂数の関係を示す図である。

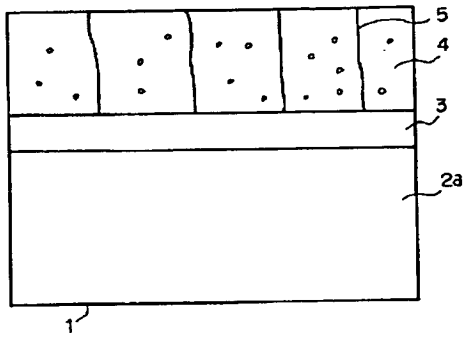
【図8】 本発明の遮熱コーティング部材の製造方法における溶射出力と単位面積当りの亀裂数の関係を示す図である。

【図9】 本発明の遮熱コーティング部材の製造方法における加熱処理温度と単位面積当りの亀裂数の関係を示す図である。

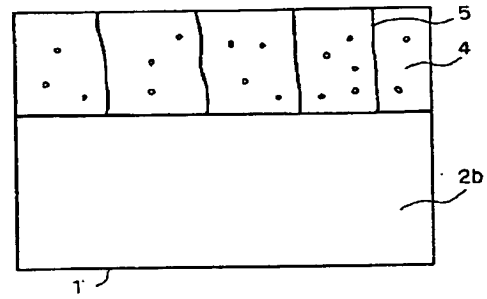
【符号の説明】

1……遮熱コーティング部材、 2a……金属（超合金）基材、 2b……セラミック基材、 3……MCrAlN合金層、 4……遮熱性酸化物セラミック層、 5……微細な亀裂、 6……耐酸化性セラミック中間層

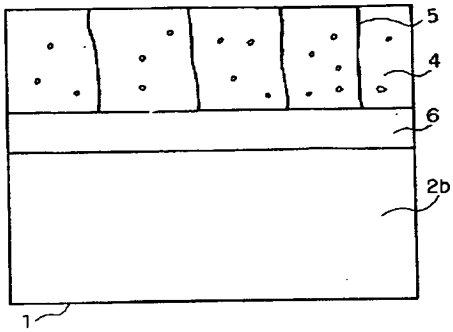
【図1】



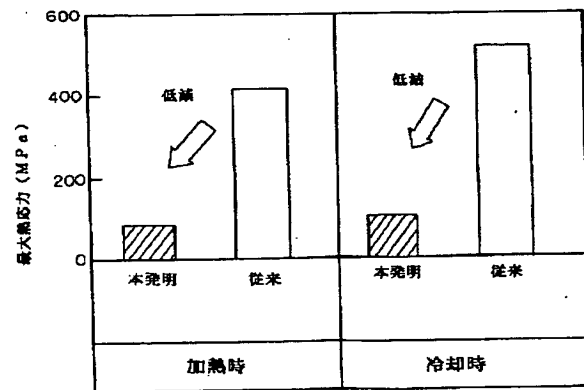
【図2】



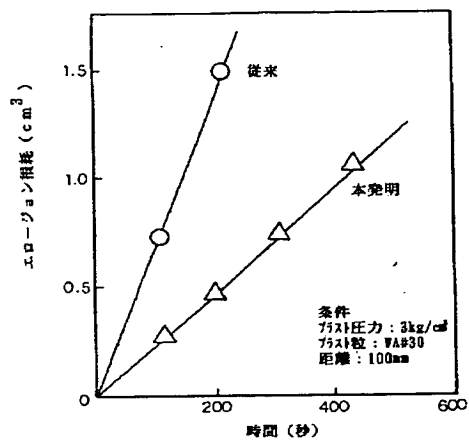
【図3】



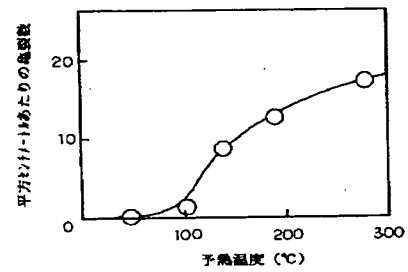
【図4】



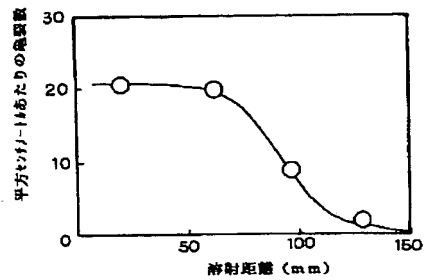
【図5】



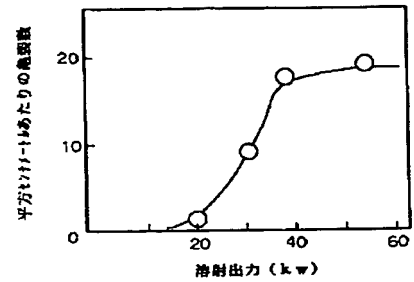
【図6】



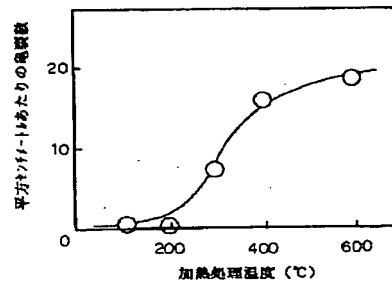
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 本多 啓三
東京都港区芝浦1丁目1番1号 株式会社
東芝本社事務所内

(72)発明者 松本 一秀
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
株式会社東芝京浜事業所内

(72)発明者 齋藤 正弘
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
株式会社東芝京浜事業所内

(72)発明者 和田 国彦
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
株式会社東芝京浜事業所内

Fターム(参考) 3G002 EA05 EA06 EA08
4K031 AA08 AB03 AB06 AB08 AB09
BA07 CB18 CB22 CB26 CB42
DA01 DA04 EA01 EA11 EA12
FA01